

ЗАБРОДИН ИВАН ВИКТОРОВИЧ

**СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ
СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*Pinus sylvestris* L.)
В СМЕШАННЫХ ПОСАДКАХ НАЦИОНАЛЬНОГО
ПАРКА «МАРИЙ ЧОДРА»**

03.02.08 – экология
(биологические науки)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Казань, 2011

Работа выполнена на кафедре экологии Государственного
образовательного учреждения высшего профессионального образования
«Марийский государственный университет»

Научный руководитель заслуженный деятель науки РФ,
доктор биологических наук,
профессор
Жукова Людмила Алексеевна

Официальные оппоненты: доктор биологических наук,
профессор
Любарский Евгений Леонидович
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор
Пчелин Виктор Ильич

Ведущая организация: Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Костромской государственный университет
им. Н. А. Некрасова

Защита состоится «9» июня 2011 года в ____ часов на заседании
диссертационного совета ДМ 212.081.19 при ФГОУ ВПО «Казанский
(Приволжский) Федеральный университет» по адресу: 420008, Республика
Татарстан, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18

Факс: (843) 238-76-01

e-mail: attestat.otdel@ksu.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке им. Н.И.
Лобачевского Казанского (Приволжского) Федерального университета по
адресу: г. Казань, ул. Кремлевская, 35

Автореферат разослан «__» _____ 20__ года

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук, доцент

Зелеев Р.М.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Усиливающееся влияние антропогенного фактора, приводящее к сокращению площади лесов на нашей планете, и в Российской Федерации, в частности, приводит к глобальному изменению климата, сокращению биоразнообразия, загрязнению атмосферы и другим не менее грозным последствиям, что неуклонно приближает экологический кризис в биосфере Земли. Требуется решительные меры, среди которых одно из первых мест занимает восстановление лесов и защита их от уничтожения человеком и пожарами. С давних времен люди не только вырубали леса, но и создавали лесные насаждения. Эта проблема актуальна и в настоящее время. Теория лесовосстановительных работ еще не до конца разработана. В зоне умеренного климата достаточно часто создаются и «чистые», и смешанные посадки разных видов деревьев. Существует множество вариантов таких лесных культур. Для каждого региона требуются свои экспериментальные посадки и длительный мониторинг за их состоянием.

Цель работы – изучение особенностей формирования и динамики смешанных лесных посадок сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) с березой повислой (*Betula pendula* Roth.) и ивой остролистной (*Salix acutifolia* Willd.) в национальном парке «Марий Чодра».

Для реализации цели поставлены следующие **задачи**:

- провести геоботанические описания смешанных посадок сосны обыкновенной в НП «Марий Чодра» и обработать их с помощью компьютерного комплекса «EcoScaleWin»;

- измерить биометрические показатели у деревьев сосны обыкновенной: высоты, диаметра и ширины кроны, приростов в высоту и по диаметру и выявить характер динамики этих показателей;

- определить экологические позиции модельных видов по 10 шкалам Д.Н. Цыганова, рассчитать реализованные валентности, коэффициенты экологической эффективности и индексы толерантности в экологических рядах климатических и почвенных факторов;

- распределить модельные деревья *P. sylvestris* по классам жизненности и классам шкалы Г.К. Крафта в разных вариантах посадок сосны обыкновенной;

- изучить онтогенетическую структуру и динамику ценопопуляций (ЦП) сосны обыкновенной;

- определить площади фитогенных полей изучаемых видов, запаса биомассы и мертвого органического вещества.

Научная новизна работы. Впервые определена реализованная экологическая валентность и индексы толерантности для модельных видов растений в 13 вариантах смешанных посадок с использованием шкал Д.Н. Цыганова (1983) и компьютерного комплекса «EcoScaleWin». Уточнены

значения диапазонов экологических условий местообитаний смешанных посадок сосны обыкновенной и березы повислой по ряду почвенных и климатических факторов. В пределах каждого онтогенетического состояния сосны обыкновенной разработана пятибалльная шкала жизненности. Используются новые методы (Жукова, 2003, 2004, 2006; Жукова и др., 2010) определения потенциальной и реализованной экологической валентности, толерантности, коэффициента экологической эффективности ЦП модельных видов в занимаемых экотопах.

Впервые исследованы особенности виталитетно-онтогенетической структуры и динамики ценопопуляций *P. sylvestris* в смешанных посадках в НП «Марий Чодра». Построены онтогенетические спектры ЦП сосны обыкновенной в разных вариантах посадок. Определены размеры фитогенных полей для модельных деревьев и ЦП в целом в смешанных посадках. Рассчитан запас биомассы и мертвой подстилки (т/га) в различных вариантах посадок для определения продуктивности и устойчивости смешанных посадок сосны обыкновенной к пожарам.

Теоретическая и практическая значимость работы. Материалы исследования расширяют знания о биологии *P. sylvestris*. Данные о состоянии популяции этого вида могут быть использованы для разработки системы регионального мониторинга лесных фитоценозов, для понимания механизмов адаптации растений к различным экологическим условиям и рассматриваться в качестве примера определения экологических позиций ЦП видов в лесных посадках.

Данные об экологической характеристике и структуре ЦП модельных видов позволяют определить наиболее подходящие местообитания для их восстановления после пожаров, для составления программ мониторинга.

Полученные материалы могут быть использованы при изучении курсов общей экологии, экологии популяций и сообществ, региональной экологии, природоведения и на полевых практиках.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на заседаниях кафедры экологии Марийского государственного университета, 3-4 Всероссийских научных конференциях «Принципы и способы сохранения биоразнообразия» (Пушино, 2008, 2010), Всероссийской научной конференции «Актуальные проблемы экологии и природопользования» (Москва, 2009), Вавиловских чтениях (Йошкар-Ола, 2009), Международной научной конференции в институте экспериментальной ботаники В.Ф. Купревича (Беларусь, 2009); Всероссийской научной конференции «Актуальные проблемы биологии, экологии и химии» (Йошкар-Ола, 2010).

Научные публикации по теме диссертации. По теме диссертации опубликовано 7 работ, в том числе 2 статьи в рецензируемом журнале, рекомендованном ВАК.

Конкурсная поддержка работы. Исследовательская работа выполнена

при поддержке грантов РФФИ: № 04-04-49152 «Экологические механизмы адаптаций растений к среде обитания и устойчивость популяций», № 07-04-0952 «Оценка роли биоразнообразия растений в динамике популяций и сообществ».

Декларация личного участия автора заключается в постановке цели и задач исследования, сборе полевого материала в течение вегетационных сезонов 2004-2010 годов в 13 вариантах смешанных посадок национального парка «Марий Чодра» на территории Республики Марий Эл (РМЭ) его обработке и анализу.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, 7 глав, выводов, списка использованных источников, приложения. Материал изложен на 167 страницах. Список литературы включает 202 источника, из них 21 – на иностранных языках. В работе содержится 75 рисунков и 25 таблиц.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность своему научному руководителю д.б.н., профессору Л.А. Жуковой за поддержку и помощь в планировании, организации и проведении исследований. Особая благодарность д.с.-х.н., К.К. Калинин и к.с.-х.н., А.В. Иванову – за предоставленную возможность работы в созданных ими посадках; к.б.н., доценту Ю.А. Дороговой – за помощь в компьютерной обработке геоботанических описаний; И.А. Головенкиной и к.б.н. Т.А. Полянской – за предоставленные фотографии сгоревших участков посадок.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Литературный обзор

В первой главе дается представление об истории создания лесных культур в России (Дубянский, 1856; Морозов, 1902; Цветкова, 1957; Путилин, Скрыбин, 1960; Орлов, 1962; Сулимов и др., 1963; Прокопьев, 1964; Пигарев, 1967; Тюрин, 1967; Ипатов, 1969), обсуждаются вопросы повышения устойчивости лесных фитоценозов и охраны биоразнообразия растительного мира (Мелехов, 1953; Тимофеев, 1957; Захаров, 1958; Погребняк, 1960; Нестеров, 1961, 1964; Лавриненко, 1965 и др.).

Глава 2. Район работы, объекты и методы исследования

В главе 2 дана характеристика природных условий Республики Марий Эл: геоморфология, климат, почвы, зоны растительности; описаны условия произрастания сосны обыкновенной в 3 лесничествах НП «Марий Чодра». Далее приводятся данные об ареале, морфологии, онтогенезе, экологических особенностях, практическом значении *P. sylvestris* (Морозов, 1912;

Серебряков, 1962; Санников, 1963, 1976; Кравченко, 1971, 1972; Рысин, 1975; Зябченко, 1984; Евстигнеев, 1989).

Исследования проводились в течение вегетационных сезонов 2004-2009 годов.

Материал собран в 13 вариантах смешанных посадок сосны обыкновенной, для которых составлены таксационные характеристики (78).

В каждом варианте выделялось по 15 модельных деревьев и общее количество деревьев *P. sylvestris* составило 195 шт., у которых измерялись высота и диаметр, ширина кроны, фитомасса ветвей, хвои, ствола. Определялось жизненное состояние каждого модельного дерева, проведено распределение по классам Г.К. Крафта (цит. по Морозову, 1912) и разработанной нами пятибалльной шкале жизненности. Учтены и подсчитаны повреждения органов древесных растений у *P. sylvestris*. За шесть лет зарегистрировано 197730 наблюдений.

Геоботанические описания проведены в 13 вариантах посадок на учетных площадках размером 10 на 10 метров в течение трех лет наблюдений. Всего сделано 390 описаний. Их обработка проведена с помощью компьютерной программы «EcoScaleWin» (Грохлина, Ханина, 2006; Зубкова, Ханина, Грохлина, Дорогова, 2008). При этом анализировалось десять экологических шкал Д.Н. Цыганова (1983):

1) климатические: Тм – термоклиматическая, Кп – континентальности климата, Ом – омброклиматическая аридности-гумидности, Сг – криоклиматическая;

2) почвенные: Hd – увлажнения почвы, Тг – солевого режима почв, Nt – богатства почв азотом, Rc – кислотности почв, fn – переменности увлажнения;

3) Lc – шкала освещенности-затенения.

Использованы новые методы определения меры приспособленности растения к экологическим условиям местообитания (Жукова, 2003, 2004, 2006) путем определения потенциальной и реализованной экологической валентности, толерантности видов. Модельные виды распределены по фракциям валентности и группам бионтности. В дальнейшем нами был рассчитан коэффициент экологической эффективности (Жукова, 2005) для ЦП изученных видов.

Описание индивидуального развития модельных видов основано на концепции дискретного описания онтогенеза (Работнов, 1950; Уранов, 1975; Ценопопуляции растений, 1976, 1988; Онтогенетический атлас..., 1997, 2002). Нами использованы критерии выделения онтогенетических состояний сосны обыкновенной, предложенные О.И. Евстигнеева (1989).

Для каждой ценопопуляции были рассчитаны: индекс возрастности (Уранов, 1975), индекс восстановления (Жукова, 1985). В работе использованы 4 классификации ЦП растений: Т.А. Работнов (1950), Л.А. Жуковой (1967), А.А. Урановым и О.В. Смирнова (1969),

Л.А Животовский (2001), О.В. Смирновой (2004). Мертвая биомасса деревьев измерялась и учитывалась на всех пробных площадях, в том числе: запасы горючих материалов, представляющих собой всевозможный хворост, ветки и листву. Их запас определялся по уравнению Л.К. Позднякова (1953).

Статистический анализ выборок проводился с использованием параметров среднего арифметического, ошибки среднего арифметического. При обработке данных использовали: коэффициент корреляции Спирмена (r_s), двух- и трехфакторный дисперсионный анализ (Глотов и др., 1982; Зайцев, 1984; Шмидт, 1984). Обработка материала проведена при помощи программы Statistica 6.0.

Глава 3. Формирование смешанных посадок сосны обыкновенной в Национальном Парке «Марий Чодра»

В этой главе дана характеристика смешанных посадок *P. sylvestris*, которые создавались в 1978 и 1979 году К.К. Калининым и А.В. Ивановым. В 1978 году ими были заложены пять опытных смешанных посадок сосны обыкновенной с березой повислой и ивой остролистной на общей площади 5,33га на территории Лушмарского и Кленовогорского лесничеств НП «Марий Чодра». Варианты посадок приведены в таблице 1.

Таблица 1

Варианты смешанных посадок сосны обыкновенной, 1978 год

№ п/п	Схема посадки
1	<i>6P.sylvestris</i> + <i>2S.acutifolia</i>
2	<i>5P.sylvestris</i> + <i>2S.acutifolia</i>
3	<i>1P.sylvestris</i> + <i>1S.acutifolia</i>
4	<i>6P.sylvestris</i> + <i>2B.pendula</i>
5	<i>4P.sylvestris</i> + <i>2B.pendula</i>

Посадки 1979 года создавались в восьми вариантах смешения тех же видов на общей площади 6,0га на территории Яльчинского лесничества в сосняке лишайниково-мшистом. Варианты посадок приведены в таблице 2.

На протяжении последних шести лет на всех посадках нами проводились исследования, направленные на изучение формирования посадок сосны обыкновенной с березой повислой и ивой остролистной. Материалы геоботанических описаний показали неодинаковую флористическую насыщенность в различных вариантах посадок, которая составляет в посадках 1978 года от 15 до 21 ЦП различных видов растений, а в лесных культурах 1979 года число ЦП видов растений варьируют от 16 до 23. Наборы ЦП зарегистрированных видов сходны таксономически.

В результате наших исследований выявлена зависимость размеров

биометрических показателей высоты и диаметра деревьев сосны обыкновенной от схемы посадки.

В посадках 1978 года значения биометрических данных по средней высоте, диаметру и ширине кроны сосны обыкновенной в варианте 4 со схемой смешения *6P. sylvestris* + *2B. pendula* по всем годам учета максимальны и статистически значимо отличаются от всех других вариантов ($P < 0,01$). Биометрические показатели *P. sylvestris* в остальных вариантах близки и статистически незначимо не различаются ($P > 0,05$) на протяжении всего периода наблюдений.

Таблица 2

Варианты смешанных посадок сосны обыкновенной, 1979 год

№ п/п	Схема посадки
6	<i>10P.sylvestris</i> + <i>2B.pendula</i>
7	<i>10P.sylvestris</i> + <i>3B.pendula</i>
8	<i>5P.sylvestris</i> + <i>2B.pendula</i>
9	<i>10P.sylvestris</i> + <i>2B.pendula</i>
10	<i>2P.sylvestris</i> + <i>1B.pendula</i>
11	<i>10P.sylvestris</i> + <i>3B.pendula</i>
12	<i>10P.sylvestris</i> + <i>1S.acutifolia</i> + <i>1B.pendula</i> + <i>1S.acutifolia</i>
13	<i>1P.sylvestris</i> + <i>1B.pendula</i>

Для сравнения схем смешанных посадок мы взяли еще восемь постоянных пробных площадей 1979 года, на которых производилась совместная высадка сосны обыкновенной с березой повислой и ивой остролистной. На всех площадях производились те же измерения, что в посадках 1978 года. В посадках сосны обыкновенной 1979 года зарегистрированы сходства по среднему диаметру ствола *P. sylvestris* 6, 7 и 9 вариантов по данным учета 2009 года. Из всех выше перечисленных посадок 1979 года наибольшими биометрическими показателями выделяются 11 и 12 варианты. Начиная с 2004 года, в них зарегистрирован наибольший диаметр стволов сосны обыкновенной - 18,6 см.

Таким образом в посадках 1979 года варианты 11 и 12 при схемах смешения *10P.sylvestris* + *3B.pendula* и *10P.sylvestris* + *1S.acutifolia* + *1B.pendula* + *1S.acutifolia* отмечена наибольшая высота, диаметр стволов и ширина крон, которые статистически значимо отличаются от остальных вариантов ($P < 0,01$). Деревья сосны обыкновенной в варианте 4 (1978 года) и вариантах 11 и 12 (1979 года) обладают наибольшими биометрическими показателями, что обеспечивает им максимальную жизненность и наибольшее воздействие на экотоп.

Максимальные биометрические показатели *P. Sylvestris* и *B. pendula* в вариантах 4, 11 и 13 могут быть связаны с высокой активностью большого числа видов грибов, чаще всего гименомицетов и гастеромицетов, образующих экто- и эндотрофную микоризы, благодаря которым, деревья в

посадках могут быть обеспечены большим количеством фосфора и азота (Селиванов, 1983).

Глава 4. Экологическая характеристика модельных видов в посадках Национального Парка «Марий Чодра»

Обработка геоботанических описаний с помощью программного комплекса «EcoScaleWin» (Грохлина, Ханина, 2006) позволила определить положение ЦП некоторых модельных видов растений в экологических рядах освещенности, почвенных и климатических условий.

Согласно полученным данным, реальные диапазоны экологических факторов для ЦП сосны обыкновенной, березы повислой и ивы остролистной входят в диапазоны по шкалам Д.Н. Цыганова (1983). По совокупности климатических факторов *P. sylvestris* принадлежит к группе мезобионтных видов и максимально реализует свои потенции по шкале континентальности климата (16,2%).

Потенциальная экологическая валентность сосны обыкновенной, позволяет отнести этот вид к эвривалентной фракции по шкалам континентальности климата, кислотности и богатства почв азотом, к гемизврывалентной – по криоклиматической шкале, к мезовалентной – по шкале освещения-затенения и влажности почвы; гемистеовалентной – по термоклиматической и шкале солевого режима почв, к стеновалентной фракции – по омброклиматической шкале. Коэффициент экологической эффективности (K.ec.ef.) колеблется от 0,21 до 0,52 (таблица 3).

Таблица 3

Экологическая характеристика *Pinus sylvestris* L. по шкалам Д.Н. Цыганова (1983)

Экологические шкалы и диапазоны по Д.Н. Цыганову (1983)		ПД	РЕV	РД	REV	K.ec.ef.
Климатические шкалы	Tm	4-13	0,41	7,0-7,88	0,11	0,27
	Kn	4-15	0,73	7,0-8,94	0,20	0,27
	Om	6-11	0,33	7,74-8,35	0,10	0,30
	Cr	1-11	0,67	6,27-7,31	0,14	0,21
Почвенные шкалы	Hd	8-20	0,52	9,0-12,65	0,20	0,51
	Nt	1-9	0,73	4,0-5,0	0,18	0,25
	Rc	1-13	0,92	6,04-8,0	0,23	0,25
	Fh	-	-	4,0-6,22	0,29	-
	Tr	1-8	0,37	4,39-7,0	0,19	0,51

Освещенность-затенение	Lc	1-6	0,56	2,0-3,65	0,29	0,52
------------------------	----	-----	------	----------	------	------

Примечание. Экологические факторы см. стр.6; ПД – потенциальный диапазон фактора по шкалам Д.Н. Цыганова; РД – реализованный диапазон фактора по шкалам Д.Н. Цыганова; PEV – потенциальная экологическая валентность; REV – обобщенные данные реализованной экологической валентности в 13 вариантах посадок; К ес.эф. – коэффициент экологической эффективности.

Для *P. sylvestris* прослеживается четкая корреляционная зависимость между рядами биометрических показателей и экологическими: 1) шириной кроны и фактором освещенности-затенения коэффициенты корреляции Спирмена (r_s) в разных вариантах посадок колеблются от 0,69-0,86; 2) между высотой и диаметром деревьев и омброклиматической шкалой – от 0,66-0,80.

Сопоставляя экологические потенциалы сосны обыкновенной, удалось установить, что степень их реализации в смешанных посадках составляет от 21 до 52 %.

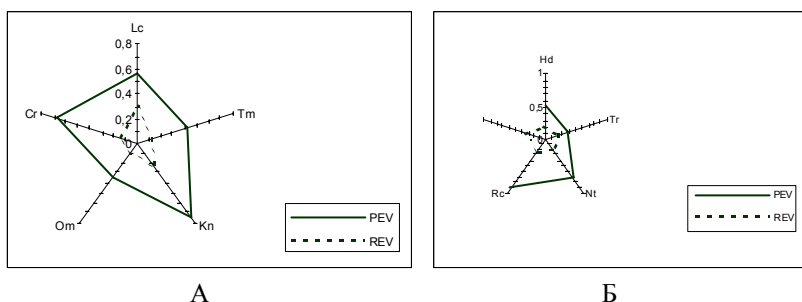


Рис. 1. Фрагменты фундаментальных и реализованных экологических ниш *P. sylvestris* по шкалам Д.Н.Цыганова (1983):

А – климатические шкалы и шкала освещенности-затенения;
Б – почвенные шкалы.

- границы фрагмента фундаментальной экологической ниши;
- границы фрагмента реализованной экологической ниши ЦП.

Ценопопуляции ивы остролистной и березы повислой являются дополнением к ЦП сосны обыкновенной в смешанных посадках.

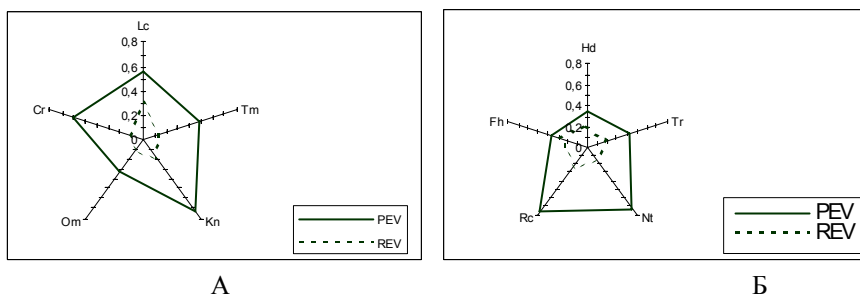


Рис.2. Фрагменты фундаментальных и реализованных экологических ниш

B. pendula по шкалам Д.Н.Цыганова (1983):

А – климатические шкалы и шкала освещенности-затенения;

Б – почвенные шкалы

– границы фрагмента фундаментальной экологической ниши;

– границы фрагмента реализованной экологической ниши ЦП.

По отношению к каждому из рассмотренных почвенных шкал Д.Н. Цыганова береза повислая может быть эвривалентной по шкале богатства почв азотом и шкале кислотности почвы; гемиевривалентной – по шкале увлажнения, а также по шкале переменности увлажнения. Этот вид относится к мезовалентной фракции по термоклиматической шкале, к гемиевривалентной – по криоклиматической шкале и к стеновалентной фракции – по омброклиматической шкале. По совокупности климатических факторов береза повислая принадлежит к мезобионтным видам. Минимально реализует свои потенции *B. pendula* по шкале континентальности климата (15%). К.ес.еф. колеблется по разным шкалам от 0,20 до 0,81 (рисунок 2).

И лишь береза повислая по шкале переменности увлажнения реализует свой потенциал достаточно полно (81%).

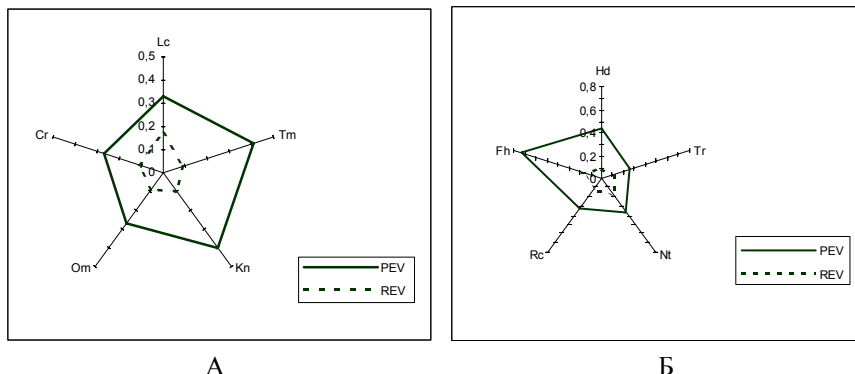


Рис.3. Фрагменты фундаментальных и реализованных экологических ниш *S. acutifolia* по шкалам Д.Н.Цыганова (1983):

А – климатические факторы и шкала освещенности-затенения;

Б – почвенные факторы.

– границы фрагмента фундаментальной экологической ниши;

– границы фрагмента реализованной экологической ниши ЦП.

По отношению к каждому из рассмотренных почвенных шкал Д.Н. Цыганова *S. acutifolia* может быть эвривалентной по шкале богатства почв азотом и шкале кислотности почвы; гемиевривалентной – по шкале увлажнения, а также по шкале переменности увлажнения. Этот вид относится к мезовалентной – по термоклиматической шкале, к гемиевривалентной – по

криоклиматической шкале, а к стеновалентной фракции – по омброклиматической шкале (рисунок 3).

Сосна обыкновенная и береза повислая по климатическим факторам относятся к мезобионтной группе ($It=0,53-0,53$), видов, что подтверждает возможность их произрастания в смешанных посадках. Ива остролистная по климатическим факторам принадлежит к гемистенобионтной группе ($It=0,34$), т.е. обладает более узкими потенциями использования климатических факторов.

По почвенным факторам сосна обыкновенная принадлежит к гемизврибионтной группе ($It=0,64$), т.е. может использовать более широкие диапазоны этих факторов. Береза повислая – мезобионтна ($It=0,52$), а ива остролистная – гемистенобионтна ($It=0,42$). Следовательно, ЦП двух последних видов используют более узкие диапазоны этих факторов, чем сосна обыкновенная.

Рассчитанные потенциальные и реализованные экологические валентности по трем модельным видам позволяют показать на лепестковых диаграммах фрагменты фундаментальных и реализованных экологических ниш. Как видно из диаграмм, площади фрагментов реализованных экологических ниш у этих видов достаточно близки, что свидетельствует о сходных экологических позициях по 10 факторам шкал Д.Н. Цыганова (1983).

Общий индекс толерантности колеблется в различных вариантах от 0,38 до 0,53, а максимален в варианте 4 у сосны обыкновенной – 0,59 (гемизвривалентный вид), выступающий в лесных посадках в роли доминанта или эдификатора.

Глава 5. Виталитетная структура ценопопуляций изучаемых видов

На протяжении последних пяти лет в 13 вариантах смешанных посадок сосны обыкновенной мы проводили сплошной учет по шкале жизненности, предложенной нами, и по шкале К.Г. Крафта (Морозов, 1912).

Критериями для присвоения баллов жизненности особи использовались следующие признаки: высота дерева, его диаметр и ширина кроны, а также степень повреждения (домашним скотом и лосями, наклон ветвей от снега, обмерзание и слом главного побега, корневая губка, майский хрущ).

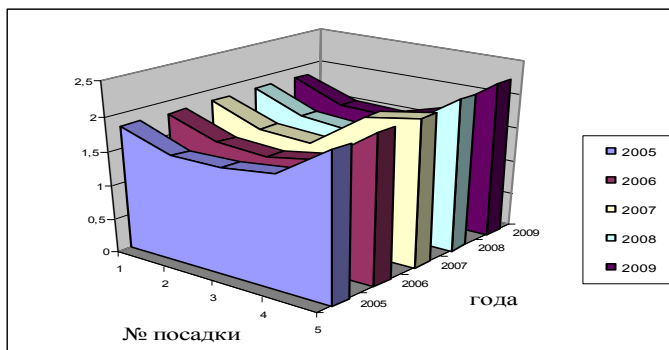


Рис.4. Динамика баллов жизненного состояния ЦП *P. sylvestris* на пробных площадях 1978 года

В вариантах 1 и 5, (1978), выявлены деревья *P. sylvestris* повышенной жизненности (от 2,8 до 4,3) на протяжении шести лет наблюдения. В вариантах 2, 3 и 4 особи *P. sylvestris* имеют пониженную жизненность (от 1,4 до 2,7) по сравнению с березой повислой и ивой остролистной (рис. 4).

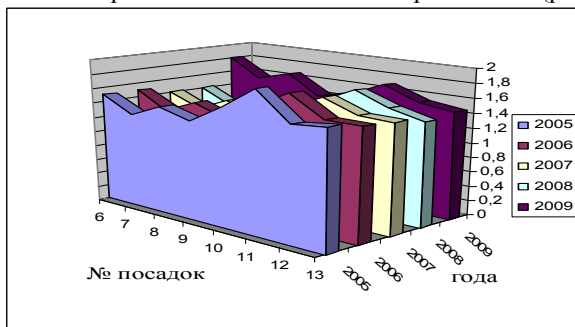


Рис.5. Динамика баллов жизненного состояния ЦП *P.sylvestris* на пробных площадях 1979 года

На диаграмме (рис. 5) нормальная жизненность ЦП *P. sylvestris* (от 2,46 до 3,67) отмечена на посадках 9, 10 и 12. Максимальный уровень жизненности выявлен в посадках 6, 11 и 13, где производилось высаживание деревьев сосны обыкновенной с ивой остролистной, что дало возможность *P. sylvestris* занять лидирующее положение и частично вытеснить *S. acutifolia*.

Кроме того, в смешанных посадках деревья *P.sylvestris* L. и *B .pendula* подразделялись по классам Г.К. Крафта (цит. по Морозову, 1912).

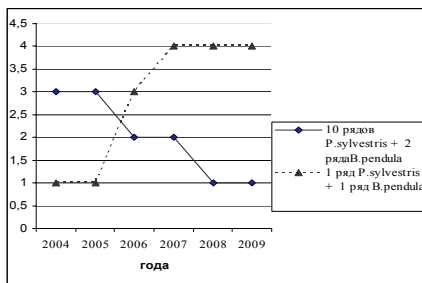


Рис.6. Динамика жизненности *P. sylvestris* (в вариантах 9, 13) по классам Крафта

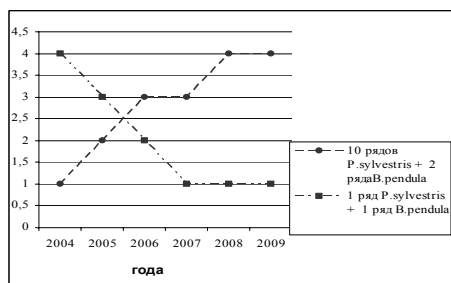


Рис.7. Динамика жизненности *B. pendula* (в вариантах 9, 13) по классам Крафта

На графиках 6 и 7 отмечена четкая зависимость роста и развития сосны обыкновенной при разных схемах посадок с участием *B. pendula*. При схеме посадки 10 *P. sylvestris* + 2 *B. pendula* наблюдаются активный рост и развитие деревьев сосны обыкновенной (вариант посадки – 9), начиная с 1979 года. Их жизненное состояние оценивалось в 2005-2006 годах 1,5-1,4 балла. В 2007-2008 году жизненность возрастает до 1,3 балла, а в 2009 году увеличивается до 1,15 (рис. 6). Напротив, *деревья B. pendula* в первые годы наблюдений растут и развиваются несколько быстрее, чем *деревья P. sylvestris*.

В 2005-2006 году жизненность особой *B. pendula* составляла 2,1 и 1,9 балла (рис. 7). С течением времени при чередовании 10 рядов сосны обыкновенной и двух рядов березы повислой, *деревья P. sylvestris* начинают угнетать *деревья B. pendula*. Это подтверждается увеличением высоты (на 0,56 м) и ширины кроны (на 0,2 м) сосны обыкновенной. В результате *деревья B. pendula* оказываются окруженными деревьями *P. sylvestris* со всех сторон. Таким образом, большая часть деревьев *B. pendula* попадет в 4 класс Г.К. Крафта (рис. 7).

При схеме высадки 1 *P. sylvestris* + 1 *B. pendula* развитие древесных растений происходит совершенно по иному пути, так как береза повислая набирает в первые годы наблюдений большую высоту и высокую жизненность (1,72), занимая практически весь верхний ярус. При этом *P. Sylvestris*, получая меньшее количество солнечной энергии из-за затенения кронами березы повислой, растет и развивается медленней.

Корреляционный анализ значений жизненности деревьев *P. sylvestris* в варианте 9 (10 *P. sylvestris* + 2 *B. pendula*) по шкале Крафта и предложенной нами шкале жизненности показал чрезвычайно высокие коэффициенты корреляции (0,98-0,99) с 2005 по 2008 год. Такой же анализ материалов варианта 13 (1 *P. sylvestris* + 1 *B. pendula*) выявил несколько меньшие коэффициенты корреляции (0,75-0,85) показателей жизненности с 2005 по 2007 год для двух используемых шкал.

Это подтверждает возможность использования той и другой шкалы жизненности для оценки состояний древесных растений.

Глава 6. Виталитетно-онтогенетическая структура ценопопуляций сосны обыкновенной в разных вариантах посадок

На протяжении последних шести лет нами изучались демографические показатели ЦП сосны обыкновенной: количество выживших растений в смешанных посадках сосны обыкновенной; количество отмерших деревьев и скорость отмирания. За начальную точку в динамике были взяты данные с 1978 года, полученные К.К. Калининым и А.В. Ивановым.

Скорость отмирания изучаемых нами видов деревьев рассчитывалась в двух временных отрезках, а именно с 1978 по 2005 гг. и с 2005 по 2009 гг. во всех 13 вариантах посадок по формуле:

$$V = m_1 - m_2 / t, \text{ (года)}$$

где, m_1 – количество деревьев высаженных в вариантах посадок 1978 и 1979 года;

m_2 – m_3 число зафиксированных деревьев в 2005 и 2009 гг. соответственно;

t – число лет между анализируемыми временными промежутками.

Результаты демографических исследований показали, что наименьшее количество отмерших деревьев сосны обыкновенной 27,8% (34 шт./год) и березы повислой 16,4% (19 шт./год) выявлено в 13 варианте посадок 1979 года по данным 2005 года. К 2009 году отмирание деревьев сосны обыкновенной возросло. При этом количество отмерших растений березы повислой осталось на прежнем уровне - 19 шт./год, что статистически значимо ($P < 0,01$) отличается от прочих посадок. Остальные варианты посадок по количеству отмерших деревьев превосходят посадку 13 и составляют от 31,2 до 37 % (от 39 до 53 шт./год) в 2005 году, статистически значимых отличий между ними не обнаружено по всем оставшимся вариантам посадок 1979 года ($P > 0,05$).

В посадках 1978 года было отмечено несколько меньшее отмирание деревьев сосны обыкновенной, что составляет от 26,3 до 30,2 % (от 31 до 38 шт./год) по всем вариантам. Наименьшим процентом отмирания деревьев сосны обыкновенной отличается четвёртый вариант: 21,2 % (26 шт./год) к 2005 году. К 2009 году скорость отмирания возросла до - 45,4 шт./год, что статистически значимо отличается от остальных посадок ($P < 0,01$).

В посадках 1978 года доля выживших растений ЦП *P. sylvestris* в варианте 4 со схемой смешения 6 *P. sylvestris* + 2 *B. pendula* составляет 78,1 %, что статистически значимо отличается ($P < 0,01$) по всем годам учета от всех остальных вариантов посадок. Доля выживших растений сосны обыкновенной колеблется от 48,9 до 61,2 %, значимого отличия по

выживаемости деревьев между этими вариантами не обнаружено на протяжении всего учетного периода ($P>0,05$).

В посадках 1979 года наибольшая доля выживших деревьев сосны обыкновенной (72,2% в 2008г.) наблюдается на 13 варианте со схемой смешения 1 *P. sylvestris*+ 1 *B. pendula*. Этот вариант статистически значимо отличается ($P<0,01$) от остальных. Рассчитанные нами демографические показатели выявили, что при смешении сосны обыкновенной (от 1 до 6 рядов) с березой повислой (от 1 до 2 рядов) скорость отмирания деревьев *P. sylvestris* наименьшая. В остальных вариантах посадок количество отмерших деревьев значительно больше.

Для изучения онтогенетической структуры ЦП сосны обыкновенной в основу была положена концепция периодизация онтогенеза по биологическому возрасту (Работнов, 1950; Уранов, 1975; Ценопопуляции растений, 1976, 1988; Онтогенетический атлас..., 1997, 2000, 2004, 2007). Для выделения онтогенетических состояний *P. sylvestris* в смешанных посадках была использована ранее разработанная методика О.И. Евстигнеева (1989).

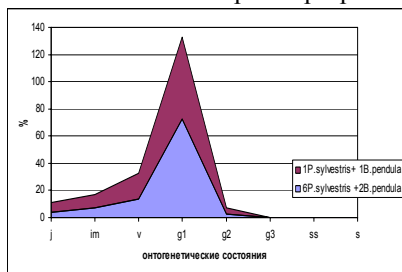


Рис.8. Онтогенетические спектры ЦП *P. sylvestris* в вариантах 4 и 13 (учет 2009 года)

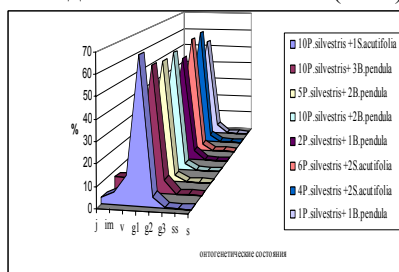


Рис.9. Онтогенетические спектры ЦП *P. sylvestris* в посадке 1979 года (учет 2009 года)

Шестилетние наблюдения за ЦП *P. sylvestris* показали, что всех вариантах посадок присутствуют деревья сосны обыкновенной прегенеративной и генеративной фракции. В посадках преобладают растения *P. sylvestris* в молодом генеративном состоянии (g1).

По классификации Т.А. Работнова (1950), изученные нами 13 ЦП сосны обыкновенной можно отнести к нормальным, при этом не были обнаружены инвазионные и регрессивные ЦП. Во всех ЦП отсутствовали особи старых генеративных, субсенильных и сенильных состояний. В изученных ЦП *P. sylvestris* доминируют виргинильные или молодые генеративные особи.

Деревья отличаются максимальными абсолютными приростами по высоте (до 50см в год); у них формируется правильная островершинная коническая крона, от ее основания и до верхушки хорошо прослеживается главный побег. В основании ствола появляется корка; семяношение необильное и нерегулярное.

Поэтому их можно отнести к молодым нормальным по классификации Л.А. Жуковой (1967), А.А. Уранова и О.В. Смирновой (1969), а по классификации «дельта-омега» Л.А. Животовского (2001) – к зреющим. По классификации О.В. Смирновой (2004), это молодые нормальные ЦП *P. sylvestris*, представленные только левосторонними спектрами. На протяжении последних трех лет (2007-2009 гг.) онтогенетическая структура ЦП в посадках 1979 года мало изменилась: доля прегенеративной фракции к 2009 году увеличилась, при этом упала (в 1,2 раза) доля генеративной фракции.

Динамика ЦП *P. sylvestris* выявила, что при большем участии березы повислой мы наблюдаем увеличившиеся количество виргинильных особей сосны обыкновенной при уменьшающемся количестве молодой генеративной группы.

Во всех посадках индекс восстановления (Жукова, 1987) за учетный период невысокий и составил 0,47-0,49. По всем 13 вариантам посадок 1978 и 1979 года выявлено, что присутствующие в данный момент (2009 г.) группы $r+j$ растений не могут заместить генеративную фракцию. Несмотря на то, что изучаемые посадки в основном представлены особями генеративного периода, семенное возобновление в посадках подавлено. Постгенеративный период в данных вариантах посадок отсутствует ввиду того, что все 13 вариантов посадок еще очень молоды. Поэтому нельзя рассчитать индекс замещения (Жукова, 1985) и индекс старения (Глотов, 1998). Динамика онтогенетической структуры показывает изменение коэффициента возрастности (от 0,5 до 0,7), что свидетельствует о медленном развитии ЦП сосны обыкновенной.

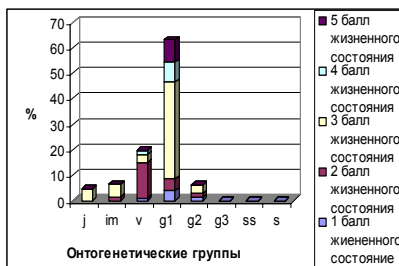


Рис.10. Виталитетно-онтогенетический спектр *P. sylvestris* в варианте посадки 7, 1979г. по данным учета 2007г.



Рис.11. Виталитетно-онтогенетический спектр *P. sylvestris* в варианте посадки 3, 1978г. по данным учета 2007г.

Для сравнения вариантов посадок были выбраны такие, в которых высаживалась *P. sylvestris* с *B. pendula* и *S. acutifolia* в разных количествах. Так, в варианте № 3 чередовался один ряд сосны обыкновенной с одним рядом ивы остролистной, а в 7 варианте - десять рядов сосны обыкновенной с тремя рядами березы повислой.

В посадке 7 и 11 (рис.10, 11) все онтогенетические группы представлены особями разной жизненности, что наиболее четко видно по доминирующей группе - g1, в которой обнаружены особи от 3 до 5 балла жизненности по принятой нами шкале. В варианте 4 присутствуют особи, относящиеся к высоким баллам жизненности.

Прегенеративный период представлен преимущественно особями от 2 до 4 балла жизненного состояния, что позволяет судить о дальнейшей возможности и перспективе их развития. В вариантах посадок при смешении сосны обыкновенной с ивой остролистной выявились худшие показатели ее жизненного состояния по сравнению с березой повислой.

Глава 7. Продуктивность смешанных посадок сосны обыкновенной в фитоценозах Национального Парка «Марий Чодра»

Формирование смешанных лесных посадок зависят от межвидовых и внутривидовых конкурентных отношений слагающих их ЦП. Были рассчитаны и проанализированы площади фитогенных полей.

Для изучения структуры растительных сообществ А.А. Урановым (1965) был предложен термин «фитогенное поле» (ФП) как «часть пространства, в пределах которого среда приобретает новые свойства, определяемые присутствием в ней данной особи растения».

Вариабельность размеров фитогенных полей особей сосны обыкновенной составляет от 0,38 до 4,52 м². Максимальные фитогенные поля (от 1,13 до 4,15 м²) отмечены в варианте 4 со схемой смешения 6 *P. sylvestris* + 2 *B. pendula* и в вариантах 11 и 13 (от 0,95 до 4,52 м²) со схемами посадок 10 *P. sylvestris* + 3 *B. pendula* и 10 *P. sylvestris* + 2 *B. pendula* соответственно. Минимальные значения (0,38 м²) зафиксированы в варианте 2 со схемой 5 *P. sylvestris* + 2 *S. acutifolia* и в 6 (0,47 м²) 2 *P. sylvestris* + 1 *B. pendula* 1979 года. Оставшиеся 10 вариантов посадок 1978 и 1979 года наиболее близки между собой по размерам фитогенных полей на протяжении всего учетного периода (2004-2009 гг.).

По мере увеличения возраста посадок фитогенные поля особей могут накладываться друг на друга. Так, в варианте 4 ФП уже перекрываются в 2004 году, а к концу учетного периода (2009г.) их размер уже более чем в 4 раза превышал площадь участка. Такая же тенденция прослеживается в вариантах посадок 11 и 13. В итоге формируется своеобразное фитогенное поле ценопопуляции. Рассчёт ФП всех 13 вариантов посадок 1978 и 1979 года, выявил, что перекрытие начинает интенсивно возрастать в вариантах посадок с наибольшим участием *P. sylvestris*, что увеличивает воздействие сосны обыкновенной на микроклимат фитоценозов, усиливает межвидовую конкуренцию.

На протяжении последних шести лет на всех посадках производилось измерение биомассы каждого модельного дерева сосны обыкновенной в

каждом варианте посадок 1978 и 1979 года. При этом биомасса подразделялась на массу ветвей, хвои и ствола дерева и рассчитывалась общая биомасса.

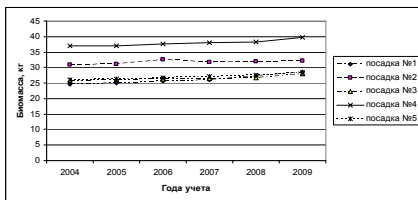


Рис.12. Динамика биомассы деревьев *P. sylvestris* в посадках 1978 года

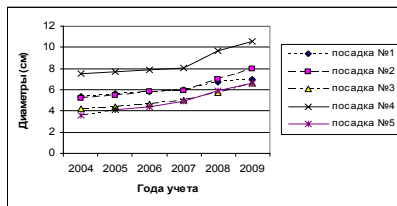


Рис.13. Динамика биомассы деревьев *P. sylvestris* в посадках 1979 года

Применяя двухфакторный дисперсионный анализ для сравнения средней общей биомассы деревьев сосны обыкновенной в различных вариантах посадок 1978 года, удалось установить, что в варианте 4 величина общей биомассы наибольшая и составляет (от 37 до 39,8 кг на 400 м²), что значительно отличается от других вариантов посадок ($P < 0,01$) в течение всего учетного периода.

Минимальное значение биомассы в посадках 1978 года приходится на 1 вариант (от 24,7 до 28,1 кг на 400 м²) со схемой смешения 6 *P. sylvestris* + 2 *S. acutifolia* на протяжении 2004-2008 годов; только в 2009 году минимальные значения зарегистрированы в 3 варианте (28,3 кг) со схемой смешения 1 *P. sylvestris* + 1 *S. acutifolia*.

На протяжении всех шести лет наблюдения в посадках 1979 года показатели биомассы хвои (3,9 кг) и ветвей (12,6 кг) максимальны в 11 и 13 вариантах. Минимальная биомасса хвои – 3,4 кг во 2 варианте 1978 года и ветвей – 10,2 кг в 5 варианте 1978 года

Заметное влияние на процесс накопления мертвого органического вещества в лесных насаждениях зависит от количества деревьев и онтогенетического состава их ЦП.

Исследованиями Л.К. Позднякова (1953) установлена прямолинейная зависимость между запасами подстилки и абсолютной полнотой сосновых древостоев, которая выражается следующим уравнением: $y = 0,35 \cdot x + 8,09$,

где: y – запас подстилки в абсолютно сухом состоянии (т/га),

x – сумма площадей сечения древостоя (м²/га).

При рассмотрении вариантов посадок 1978 и 1979 года наибольший запас мертвого органического вещества зафиксирован в варианте 3 (13,1 т/га) при схеме смешения 1 *P. sylvestris* + 1 *S. acutifolia* и в варианте 6 (13,3 т/га) 10 *P. sylvestris* + 1 *S. acutifolia*, эти варианты статистически значительно отличаются от остальных вариантов посадок ($P < 0,01$).

. Во всех пяти вариантах 1978 года запас мертвого органического вещества колебался от 15,02 т/га до 15,8 т/га и варианты статистически не различаются ($P > 0,05$).

В смешанных посадках 1979 года в вариантах 11 и 12, где присутствует наибольшее количество деревьев сосны запас мертвого органического вещества (от 12,6 до 12,9 т/га) остается на уровне 1978 года.

Пожары высокой интенсивности наблюдаются в тех случаях, когда подстилка располагается толстым и рыхлым слоем с пониженной влажностью (менее 18%). В густых хвойных насаждениях, где в горении могут участвовать кроны деревьев и травяно-кустарничковый ярус пожары особенно сильны. Анализ фотографий сгоревших посадок летом 2010 года показывает, что в них полностью уничтожается травяно-кустарничковый ярус, уничтожена огнем береза повислой и частично сосна обыкновенная. Только у ряда обгоревших сосен сохранилась верхушка крон.

Примесь деревьев березы повислой и кустарника ивы остролистной не спасает смешанные посадки сосны обыкновенной от сильных пожаров. Поэтому требуется дальнейшая разработка биологических обоснований и юридических законов для создания более защищенных от огня посадок и их охраны.

ВЫВОДЫ

1. Наибольшие биометрические показатели (диаметр и высота растений, ширина кроны) у молодых генеративных растений сосны обыкновенной зарегистрированы в вариантах посадок с максимальным участием *P. sylvestris* причем, наиболее значимыми является воздействие факторов освещенности и переменности увлажнения почв. Зависимость от других экологических факторов статистически незначима.

2. Более высокие показатели жизненности *P. sylvestris* по шкале Г.К. Крафта и разработанной нами пятибалльной шкале жизненного состояния растений характерны для сосны обыкновенной в посадках, где количество высаживаемых деревьев этого вида составляет от 6 до 10 рядов с чередованием с 2-3 рядами березы повислой. Коэффициенты корреляции между показателями жизненности двух шкал высокие: 0,75-0,98, что дает возможность использовать в исследованиях и ту, и другую шкалу.

3. Реализованные экологические позиции изученных ЦП сосны обыкновенной, березы повислой и ивы остролистной входят в потенциальные диапазоны экологических шкал Д.Н. Цыганова (1983) по всем изученным климатическим и почвенным факторам и значимо не отличаются по годам во всех вариантах посадок, что свидетельствует о достаточно высокой стабильности экологических оценок местообитаний по этим шкалам.

4. На территории НП «Марий Чодра» развитие ЦП сосны обыкновенной за 30 лет достигло состояния молодых нормальных неполночленных. Несмотря на появление проростков и наличие особей прегенеративного периода они остаются неполночленными, что, связано с отсутствием старых генеративных, субсенильных и сенильных растений и свидетельствует о

медленной скоростью развития ЦП сосны обыкновенной.

5. Биомасса сосны обыкновенной в вариантах 4 и 12 максимальная, по сравнению с другими вариантами. В этих посадках накапливается больший запас мертвого органического вещества в виде веток, хвои и стволов, что приводит к их большей пожароопасности.

6. Расчет площади фитогенных полей ЦП сосны обыкновенной и ЦП березы повислой в посадках 1978 и 1979 года показал, что максимальные значения этого показателя зафиксированы в вариантах 4, 11, 13, где было наибольшее количество высаживаемых рядов сосны обыкновенной (от 6 до 10). Это обеспечило 3-5 кратное перекрытие площади посадок ФП деревьев, что определяет микроклимат сообщества и воздействует на развитие подроста деревьев.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи и издания, рекомендованные ВАК

1. Жукова, Л.А., Забродин И.В. Зависимость скорости развития боковых побегов от высоты и диаметра дерева / Л.А. Жукова, И.В. Забродин // Вестник РУДН. серия «Экология и безопасность жизнедеятельности» – М.: Изд-во РУДН, 2009. – №3. – С. 76-79.
2. Забродин, И.В. Базисная плотность древесины сосны обыкновенной / И.В. Забродин // Актуальные проблемы экологии и природопользования: сборник материалов ежегодной всероссийской научной конференции. – Москва: РУДН, 2009. – №... – С. 42-44.

Список работ, опубликованных в международных, Всероссийских и региональных сборниках и материалах конференций

3. Забродин И.В. Состояние смешанных лесных посадок сосны обыкновенной в НП «Марий Чодра» (*Pinus sylvestris* L.) / И.В. Забродин // Принципы и способы сохранения Биоразнообразия: сборник материалов III Всероссийской научной конференции. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2008. – С. 240-241.
4. Забродин, И.В. Динамика естественного возобновления сосны обыкновенной в НП «Марий Чодра» / И.В. Забродин // Вавиловские чтения. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2009. – С. 54-57.
5. Забродин, И.В. Динамика высот в смешанных лесных посадках сосны обыкновенной в НП «Марий Чодра» / И.В. Забродин // Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси, 2009. – С. 147-151.
6. Забродин, И.В. Разнообразие виталитетной структуры ценопопуляции смешанных посадок сосны обыкновенной в НП «Марий Чодра» Актуальные

проблемы биологии, экологии и химии / И.В. Забродин //Всероссийская научная конференция - Йошкар-Ола: МарГУ, 2010. – С. 134-138.

7. *Забродин, И.В.* Онтогенетическая структура ценопопуляций сосны обыкновенной на территории НП «Марий Чодра» / И.В. Забродин // Принципы и способы сохранения Биоразнообразия: сборник материалов IV Всероссийской научной конференции с международным участием. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2010. – С. 321-323.

8.